

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-18943

(43)公開日 平成6年(1994)1月28日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/35		8106-2K		
G 0 2 B 6/00	3 7 6 A	7036-2K		
H 0 4 B 10/18		8220-5K	H 0 4 B 9/ 00	M

審査請求 未請求 請求項の数1(全 5 頁)

(21)出願番号 特願平4-171190  
(22)出願日 平成4年(1992)6月29日

(71)出願人 000004226  
日本電信電話株式会社  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号  
(72)発明者 岩月 勝美  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内  
(72)発明者 鈴木 謙一  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内  
(72)発明者 西 成人  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内  
(74)代理人 弁理士 若林 忠

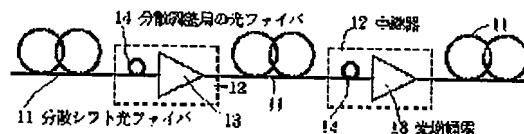
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光ソリトン伝送路

(57)【要約】

【目的】容易に入手できる汎用の光ファイバを用いて安定に光ソリトンを伝送できる光ソリトン伝送路を提供する。

【構成】分散特性の異なる2種以上の光ファイバを直列に接続したもので伝送路を構成する。この場合、伝送路全体としての光ファイバの単位距離の当りの分散値が、光ソリトンが安定に伝送される条件を満たすようにしておく。例えば波長1.55 $\mu$ m帯の光ソリトンを伝送する場合は、分散シフト光ファイバ11(波長1.55 $\mu$ mでゼロ分散)と分散調整用の光ファイバ14(波長1.3 $\mu$ mでゼロ分散の通常の石英系光ファイバ)とを接続したもので伝送路を構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ソリトンを送送する光ソリトン伝送路であって、分散特性の異なる2種以上の光ファイバが直列に接続され、直列に接続された光ファイバ全体としての分散特性が光ソリトンの伝送条件を満たしている光ソリトン伝送路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は光ファイバを用いた光伝送路に関し、特に、光ソリトンを送送する光伝送路に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 超広帯域光通信技術として、光ソリトンを用いる方法が検討されている。図5は従来の光ソリトン伝送路の構成を示すブロック図である。この光ソリトン伝送路は、伝送路の損失を補償する光増幅器（中継器）51とこれら光増幅器51間を接続する光ファイバ52とから構成されている。光ファイバ52は、光信号である入射光パルスの中心波長において異常分散をもつように、その分散値が設定されている必要がある。

【0003】 ところで光ファイバは一般にその長手方向（光パルスの伝搬方向）に関し、分散値のゆらぎがある。この分散値のゆらぎには、図6の(a)に示されるような平均値のまわりの短周期のゆらぎ（ばいり周期のゆらぎ）、図6の(b)に示されるような平均値のまわりの長周期のゆらぎ（ゆっくりとしたゆらぎ）がある。光ソリトンを安定に長距離伝送するためには、短周期のゆらぎを抑えることよりも長周期の分散値のゆらぎを重点的に抑える必要がある。したがって、光ソリトン伝送路に使用される光ファイバは、信号光の波長で異常分散を示すように特定の分散値を有し、かつその分散値の長手方向の特に長周期のゆらぎが抑えられているものでなくてはならない。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上述した従来の光ソリトン伝送路では、光ファイバの分散値の仕様に対して上述のような厳しい制約が加わることとなり、特別な仕様の光ファイバが必要となって伝送路の構築に要するコスト

$$d = \frac{\left( \frac{1 - \exp(-\alpha L)}{\alpha L} \right) \delta t^2}{6.48 \times 10^{-3} A \lambda^3} P$$

を満足する必要がある。ただし、光ソリトンのパルス幅を $\delta t$  (ps)、光ソリトン光ファイバへのピーク入力パワーを $P$  (W)、光ソリトンの中心波長を $\lambda$  (nm)、伝送路である光ファイバの有効コア断面積を $A$  ( $\mu\text{m}^2$ )、伝送路の損失を $\alpha$  (Np/km)とした。上記(1)式および(2)式から、

\*トが上昇するという問題点がある。

【0005】 本発明の目的は、容易に入手できる光ファイバを用いて安定に光ソリトンを送送できる光ソリトン伝送路を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明の光ソリトン伝送路は、分散特性の異なる2種以上の光ファイバが直列に接続され、直列に接続された光ファイバ全体としての分散特性が光ソリトンの伝送条件を満たしている。

## 【0007】

【作用】 分散特性の異なる2種以上の光ファイバを直列に接続するので、個々の光ファイバが光ソリトン伝送のための分散値の条件を満たしていなくても、伝送路全体としてこの分散値の条件を満たすことが可能となり、安定に光ソリトンを送送できる。ここでは、波長が1.55  $\mu\text{m}$ 帯である光ソリトンを例に挙げて、分散特性の異なる2種の光ファイバを用いることにより光ソリトンが安定に伝送できることを説明する。

【0008】 2種の光ファイバとして、分散シフト光ファイバ（波長1.55  $\mu\text{m}$ での分散が実質的に0）と通常の光ファイバ（分散が0となる波長が1.3  $\mu\text{m}$ ）を使用する。これらの光ファイバはいずれも汎用品であって、特性の安定したものを容易に入手できる。そして前者の分散シフト光ファイバを伝送路のはほぼ全長に使用し、この分散シフト光ファイバの前後のいずれかに通常の光ファイバを分散調整用として付加した構成の伝送路を考える。分散調整用の光ファイバの全分散値を $\delta D$  (ps/nm)、その全長を $\delta L$  (km)とする。また、分散シフト光ファイバの全分散値を $D$  (ps/nm)、その全長を $L$  (km)とする。この伝送路の単位距離当りの分散値 $d$  (ps/km/nm)は、

## 【0009】

## 【数1】

$$d = \frac{\delta D + D}{\delta L + L} \quad (1)$$

で表わされる。また、この伝送路で光ソリトンを送送するには、単位距離当りの分散値 $d$ が、

## 【0010】

## 【数2】

(2)

ス幅 $\delta t$ を20 ps、そのピーク入力パワー $P$ を2 mW、光ファイバの有効コア断面積 $A$ を35  $\mu\text{m}^2$ とすると、分散値 $d$ は1 ps/km/nmとなる。

【0011】 通常の場合、分散シフト光ファイバの使用波長（この場合は1.55  $\mu\text{m}$ ）での単位距離当りの分散

対応するから30〜50 kmの程度である。分散調整用として用いることのできる通常の光ファイバの単位距離当りの分散値は、 $\sim 20 \text{ ps/km/nm}$  (ただし波長は $1.55 \mu\text{m}$ )程度である。これらのことから、分散調整用の光ファイバの長さ $L$ は3〜4 kmとなる。

【0012】以上のことより、長さ $L$ が30〜50 kmの分散シフト光ファイバに分散調整用として長さ $L$ が3〜4 kmの通常の光ファイバを接続することにより、単位距離当りの分散値が調整され、伝送路の長手方向に対する分散値のばらつき、特に分散値のばらつきの低周波成分を抑圧することができ、安定に光ソリトンを長距離伝送することが可能となる。また、分散調整用の光ファイバの全長 $L$ は3〜4 km程度であるので、この分散調整用の光ファイバを光増幅器とともに中継器の筐体の中に格納することが可能である。この場合、伝送路の中継区間部分は分散シフト光ファイバのみで構成されることになる。

【0013】

【実施例】次に、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【0014】図1は、本発明の一実施例の光ソリトン伝送路の構成を示すブロック図である。この光ソリトン伝送路は、波長が $1.55 \mu\text{m}$ 帯である光ソリトンを伝送するものであって、各中継区間の伝送路を構成する分散シフト光ファイバ11と、中継区間相互を接続する中継器12とからなっている。図1では3区間の中継区間が示されており、これに対応して2個の中継器12が示されている。もちろん中継区間の数は3区間に限られるわけではなく、これよりはるかに多い数の中継区間に対して本発明を適用できることはいうまでもない。中継器12は、光信号の減衰を補償する光増幅器13と、光増幅器13の入力側に設けられた分散調整用の光ファイバ14とを有している。分散シフト光ファイバ11は、石英系の単一モードのものであり、構造分散と材料分散とを制御することによって波長 $1.55 \mu\text{m}$ 近傍での分散がほぼりになるよう調整されている。また、分散調整用の光ファイバ14は、分散が0となる波長が $1.3 \mu\text{m}$ である通常の石英系の単一モード光ファイバである。光増幅器13としては、光信号を直接増幅して出力する通常のものが使用できる。

【0015】この光ソリトン伝送路では、信号光の入射側から、分散シフト光ファイバ11、分散調整用の光ファイバ14、光増幅器13、分散シフト光ファイバ11…と接続されていることになり、各中継区間ごとに分散シフト光ファイバと分散調整用の光ファイバ14とが直列に接続されていることになる。ここで上記【作用】欄で式(1)および(2)を用いて述べたようにして分散調整用の光ファイバ14の全長 $L$ を定め、各中継区間ごとの

伝送する条件を満たすようになる。光ソリトンは伝搬方向に対する伝送路の分散値の分布に影響されことなく単位距離当りの分散値に応じて伝搬するので、送信側から受信側に向って光ソリトンが極めて安定に超長距離に伝送されることになる。なお、分散調整用の光ファイバ14は短尺であるので、中継器12の筐体内に余裕をもって格納される。

【0016】以上、本発明の最初の実施例について説明したが、分散調整用の光ファイバ14は光増幅器13の出力側に設けることも可能である。図2に示した実施例の光ソリトン伝送路では、分散調整用の光ファイバ14が中継器12内において光増幅器13の出力側に設けられている。したがってこの実施例では、送信側からみて、分散シフト光ファイバ11、光増幅器13、分散調整用の光ファイバ14、分散シフト光ファイバ11…と並んでいることになる。この場合も、分散調整用の光ファイバ14と分散シフト光ファイバ11とが直列に接続されていることになり、上述の実施例と同様に光ソリトンを送信側から受信側に向って極めて安定に超長距離を伝送させることができる。

【0017】次に、本発明の他の実施例について図3を用いて説明する。上述の各実施例で、分散調整用の光ファイバを中継器の中に格納していたが、中継区間の一部に分散調整用の光ファイバを敷設することも可能である。図3に示した光ソリトン伝送路では、各中継区間は、第1の分散シフト光ファイバ21、分散調整用の光ファイバ22、第2の分散シフト光ファイバ23がそれぞれ直列に接続された構成となっている。第1および第2の分散シフト光ファイバ21、23、分散調整用の光ファイバ22は、それぞれ、上述の実施例での分散シフト光ファイバ、分散調整用の光ファイバと同様のものである。また、中継区間どうしが中継器24で中継されていることは上述の各実施例と同様であるが、中継器24は光増幅器25のみで構成されている。この光ソリトン伝送路では、送信側から見て、第1の分散シフト光ファイバ21、分散調整用の光ファイバ22、第2の分散シフト光ファイバ23、光増幅器25、第1の分散シフト光ファイバ21…と並んでいることになる。この場合は、第1および第2の分散シフト光ファイバ21、23の長さの和を $L$ 、第1および第2の分散シフト光ファイバ21、23の全分散値の和を $D$ とおくことにより、上記の各実施例と同様に取り扱うことができ、光ソリトンを送信側から受信側に向って極めて安定に超長距離を伝送させることができる。

【0018】次に、本発明のさらに別の実施例について図4を用いて説明する。図4に示した光ソリトン伝送路では、光増幅器として光ファイバ増幅器31が使用されている。この光ファイバ増幅器31は、光信号を電気信

起光源（不図示）とを有し、中継器33の中に格納されている。そして励起光源からの励起光で光ファイバ32中の希土類イオンが励起されている状態で光ファイバ32の一端から信号光が入力すると、励起イオンからの誘導放出現象が起こり、光ファイバ32の他端から増幅された信号光が出射される。すなわち光増幅が行なわれたことになる。一方、各中継区間を構成する伝送路は、波長1.55  $\mu\text{m}$ の光に対する分散が0である分散シフト光ファイバ34で構成され、中継区間相互は中継器33で中継されている。その結果、送信側から見て、分散シフト光ファイバ34、希土類をドープした光ファイバ32、分散シフト光ファイバ34…と並んでいることになる。

【0019】ここで希土類をドープした光ファイバ32について検討する。この光ファイバ32は、一般に、石英系の光ファイバに希土類元素を含ませたものであって、波長1.55  $\mu\text{m}$ の光に対してはある分散量を有する。そこで、この光ファイバ32を分散調整用の光ファイバとみなして上述の実施例と同様にしてその長さを決めることにより、伝送路全体として光ソリトンが安定に伝送できる単位距離当りの分散値を有するようになり、光ソリトンを送信側から受信側に向けて極めて安定に超長距離を伝送させることができる。本実施例では、光の増幅と分散調整とを1種類の光ファイバ32で行なっているため、光ソリトンを電気信号に変換することなく、送信側から受信側まで光ソリトンのままで伝送が行なわれる。

【0020】以上、本発明の実施例について説明したが、本発明においては光ソリトンの中心波長は1.55  $\mu\text{m}$ に限られるものではなく、他の波長の光ソリトンを利用する場合にも本発明は適用できる。また、分散特性の異なる2種以上の光ファイバのうちの1種が分散シフト

\*ト光ファイバである必要はなく、光ソリトンが安定に伝送されるのであれば他の任意の光ファイバの組み合わせも本発明の範囲に含まれるものである。

#### 【0021】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、分散特性の異なる2種以上の光ファイバを直列に接続して光ソリトンの伝送条件が満たされてようにすることにより、特別の仕様の光ファイバを使用することなく光ソリトンを安定にかつ超長距離にわたって伝送できるようになり、光ソリトン伝送路の構成が柔軟になってかつ構築のコストが低下するという効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の光ソリトン伝送路の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の他の実施例の光ソリトン伝送路の構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の別の実施例の光ソリトン伝送路の構成を示すブロック図である。

【図4】本発明のさらに別の実施例の光ソリトン伝送路の構成を示すブロック図である。

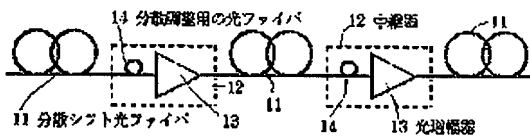
【図5】従来の光ソリトン伝送路の構成を示すブロック図である。

【図6】光ファイバにおける分散値の長手方向のゆらぎを示す特性図である。

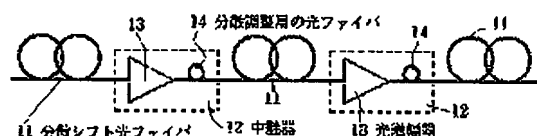
#### 【符号の説明】

11, 21, 23, 34	分散シフト光ファイバ
12, 24, 33	中継器
13, 25	光増幅器
14, 22	分散調整用の光ファイバ
31	光ファイバ増幅器
32	光ファイバ

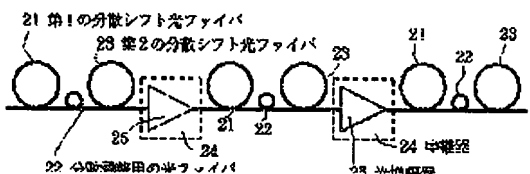
【図1】



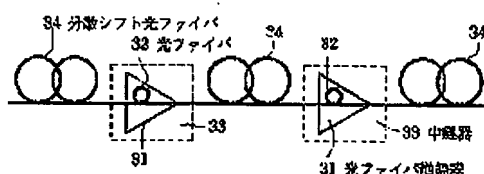
【図2】



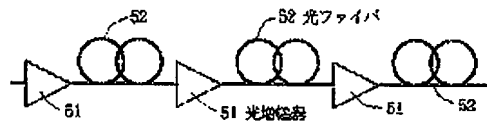
【図3】



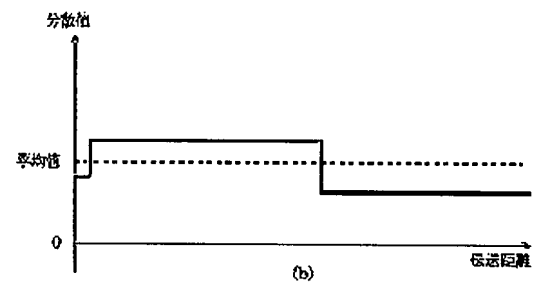
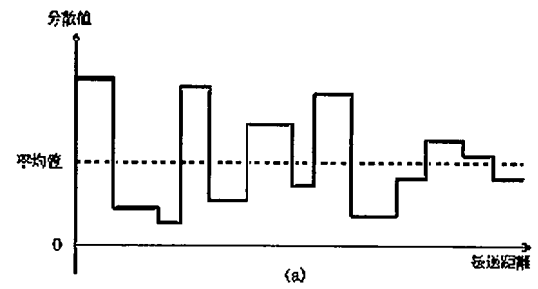
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 猿渡 正俊  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 06018943 A

(43) Date of publication of application: 28.01.1994

(51) Int. Cl. G02F 1/35  
G02B 6/00, H04B 10/18

(21) Application number: 04171190

(22) Date of filing: 29.06.1992

(71) Applicant: NIPPON TELEGR & TELEPH  
CORP <NTT>

(72) Inventor: IWATSUKI KATSUMI  
SUZUKI KENICHI  
NISHI SHIGETO  
SARUWATARI MASATOSHI

## (54) LIGHT SOLITON TRANSMISSION LINE

### (57) Abstract:

PURPOSE: To provide the light soliton transmission line which can stably transit light soliton by using easily available versatile optical fibers.

CONSTITUTION: The transmission line is constituted of  $\geq 2$  kinds of the optical fibers which vary in dispersion characteristic and are connected in series. The dispersion value per unit distance of the optical fibers as the entire part of the transmission path is so set as to satisfy the conditions under which the light soliton

is stably transmitted in such a case. The transmission path is constituted by connecting the dispersion shift optical fiber 11 (zero dispersion at  $1.55\mu\text{m}$  wavelength) and the optical fiber 14 (ordinary quartz optical fiber of zero dispersion at  $1.3\mu\text{m}$  wavelength) for dispersion adjustment in the case of transmission of the light soliton of, for example,  $1.55\mu\text{m}$  wavelength zone.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

